

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева  
Сибирского отделения Российской академии наук**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор ИСЭМ СО РАН  
чл.-корр. РАН



**В.А. Стенников**

**«19» июня 2020 г.**

**Энергетические системы и комплексы  
Программа вступительных испытаний**

по образовательным программам высшего образования – программам  
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям

**13.06.01 Электро- и теплотехника**

(в редакции приказа от 19 июня 2020 г. №12-о)

**Иркутск, 2020**

## 1. Общие положения

1.1. Программа вступительных испытаний «Энергетические системы и комплексы» (далее – программа вступительных испытаний по специальности) определяет содержание и критерии оценивания экзамена по специальности для приема на обучение по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 13.06.01 Электро- и теплотехника (далее – программе аспирантуры) в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (далее – ИСЭМ СО РАН или Институт).

1.2. Программа вступительных испытаний предназначена для экзаменационной комиссии по специальности и поступающих на обучение по программе аспирантуры (далее – поступающие).

1.3. Программа вступительных испытаний по специальности разработана в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по направлениям подготовки специалитета и магистров «Теплоэнергетика и теплотехника»

1.4. Программа вступительных испытаний пересматривается и обновляется с учетом изменений нормативно-правовой базы Российской Федерации в области высшего образования и локальных документов, регламентирующих процедуру приема в ИСЭМ СО РАН. Изменения, внесенные в программу вступительных испытаний, рассматриваются на заседании учебно-методической комиссии Института. Программа вступительных испытаний по специальности утверждается директором Института.

1.5. Программа вступительных испытаний публикуется на официальном сайте ИСЭМ СО РАН <http://isem.irk.ru> в соответствии с Правилами приема.

1.6. Целью вступительного испытания по специальности (далее – вступительного испытания) является определение уровня компетенций, знаний и навыков по специальности у поступающих в Институт и создание условий для обеспечения конкурсного отбора кандидатов.

1.7. Вступительные испытания по специальности проводятся на русском языке.

1.8. Вступительные испытания проводятся в устной форме.

1.9. Институт проводит вступительные испытания с использованием и без использования дистанционных технологий.

Порядок проведения вступительных испытаний с использованием дистанционных технологий регулируется Регламентом проведения, утвержденным Институтом.

1.10. Организация и проведение вступительных испытаний осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными директором Института, действующими на текущий год поступления.

По результатам вступительных испытаний, поступающий имеет право на апелляцию в порядке, установленном Правилами приема.

## 2. Содержание вступительных испытаний

2.1. Вступительные испытания по специальности проводятся в устной форме по индивидуальным экзаменационным билетам.

2.2. Количество экзаменационных билетов должно превышать количество поступающих.

2.3. Между поступающими экзаменационные билет распределяются в случайном порядке.

2.4. Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса.

2.5. Вопросы экзаменационных билетов составляются на основе следующих дисциплин: теоретические основы теплотехники; теплоснабжение; охрана окружающей среды; энергосбережение.

2.6. Общие вопросы в экзаменационных билетах:

Теплоэнергетика, ее место и значение в топливно-энергетическом комплексе страны.

Теплоэнергетические и теплотехнологические комплексы промпредприятий. Обобщенное понятие о системе теплоэнергоснабжения промпредприятия и входящих в её состав систем производства и распределения энергоносителей.

2.7. Вопросы по теоретическим основам теплотехники в экзаменационных билетах:

Термодинамическая система и окружающая среда. Состояние термодинамической системы, параметры и уравнение состояния. Термодинамические процессы.

Первый закон термодинамики. Работа и теплота – формы обмена энергией.

Второй закон термодинамики. Термодинамические циклы и их изображение в  $T,S$ -диаграмме. Понятие эксергии. Потери эксергии в необратимых процессах. Эксергетический КПД.

Циклы газо- и паротурбинных установок.

Циклы холодильных и компрессорных установок.

Процессы дросселирования газов и паров.

Виды теплообмена. Основной закон теплопроводности (закон Фурье). Теплопроводность стенок.

Конвективный теплообмен (закон Ньютона). Особенности конвективного теплообмена при ламинарном и турбулентном течениях.

Сложный теплообмен. Теплопередача, определение коэффициента теплопередачи.

Топливо. Характеристики и элементарный состав топлива. Технические характеристики топлив. Теплота сгорания топлива. Понятие условного топлива.

Коэффициент избытка воздуха. Теоретические и действительные объемы воздуха и продуктов сгорания по газоходам котла.

Основные стадии горения газового, жидкого и твердого топлив.

Классификация топок. Типы и конструкции горелочных устройств.

2.8. Вопросы по машинам, агрегатам, аппаратам и устройствам систем теплоэнергоснабжения промышленных предприятий в экзаменационных билетах:

Котельные установки. Классификация и области использования котлоагрегатов. Материальные балансы котлов.

Перспективные способы сжигания твердого топлива.

Тепловой баланс котла.

Пароводяной и газоздушный тракты барабанного и прямоточного котлов.

Классификация топочных устройств по методу сжигания и характеру организации потоков воздуха и газов в топке.

Основные типы компоновки котлов.

Прямой и обратный тепловой баланс котла. КПД нетто и брутто котла. Определение полного и расчетного расхода топлива. Определение оптимальной температуры уходящих газов.

Влияние соледержания пара и котловой воды на технико-экономические показатели теплоэнергетической установки.

Золовой износ конвективных поверхностей нагрева. Очистка поверхностей нагрева от шлакования и золового заноса.

Эксплуатация теплоэнергетических установок.

Теплообменные аппараты. Классификация, схемы, конструкции и принципы их расчета. Теплоносители и их параметры.

Водоподготовка. Требования к питательной воде. Основные способы обработки питательной воды.

Классификация и характеристики паровых турбин. Назначение и области использования теплофикационных установок и их эффективность.

Построение процесса расширения рабочего тела в турбинной ступени в  $h,s$ -диаграмме.

Анализ потерь в характерных сечениях турбины.

Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.

Механизм управления турбоагрегатом. Защиты турбин.

Эксплуатация турбоагрегатов.

Насосы, их классификация, характеристики и области использования. Определение работы, мощности и КПД.

2.9. Вопросы по источникам и системам теплоэнергоснабжения предприятий в экзаменационных билетах:

Системы теплоснабжения промпредприятий. Их классификация, структура и основные элементы.

Виды тепловых нагрузок и их расчет. Режимы и графики теплотребления. Теплоносители и их параметры.

Тепловые сети: их назначение, конструкции. Гидравлический режим тепловых сетей.

Горячее водоснабжение. Расчетная потребность в теплоте на горячее водоснабжение. Графики потребления.

Отопление промышленных и жилых зданий. Расчет теплотерь и тепловыделений в производственных помещениях. Суточные и годовые графики теплотребления.

Назначение и методы регулирования тепловой нагрузки в системах централизованного теплоснабжения и их сопоставление. Центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузки. Графики температур и расхода теплоносителя.

Назначение и рациональные области использования паровых и водогрейных котельных. Выбор количества котлоагрегатов, их типоразмеров и состава вспомогательного оборудования.

Классификация тепловых электростанций. Принципиальные схемы КЭС, ТЭЦ и АЭС.

Технико-экономические показатели ТЭЦ.

Основные схемы отпуска тепла на ТЭЦ. Выбор оптимального значения коэффициента теплофикации.

Методы распределения расхода топлива на ТЭЦ между выработкой электрической и тепловой энергией.

Влияние начальных параметров пара на экономичность ТЭС. Ограничения на повышение начальных параметров.

Выбор основного и вспомогательного оборудования ТЭЦ.

Основные определения показателей надежности теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС.

Обеспечение надежности на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации оборудования ТЭС.

## 2.10. Вопросы по охране окружающей среды в экзаменационных билетах:

Влияние современных производств на окружающую среду: характеристика и масштабы взаимодействия различных отраслей промышленности, ТЭС и котельных с окружающей средой.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (общая характеристика, классификация, основные свойства и характеристики выбросов). Образование и расчет выбросов загрязняющих веществ.

Улавливание твердых веществ из дымовых газов: основы теории золоулавливания; основные характеристики летучей золы; сухие и мокрые методы очистки.

Состав золы и шлака. Выбор золоуловителей в соответствии с характеристикой золы. Степень улавливания газообразных загрязняющих веществ в золоуловителях.

Сухие и мокрые типы золоуловителей: принцип действия, конструкции, технические характеристики и сравнительная оценка.

Методика расчета сухих и мокрых золоуловителей. Учет фракционного состава твердых частиц.

Системы пневмо- и гидрозолоудаления: принцип действия, основные элементы и сравнительная оценка.

Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере: методика расчета; выбор оптимальной высоты трубы; оценка эффективности мероприятий по защите атмосферы от выбросов предприятий.

Нормирование выбросов (сбросов): нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (ПДК, ПДВ, ВСВ, ПРК); нормирование сбросов (ПДС) в водные объекты; определение зоны влияния и границ санитарно-защитной зоны источников выбросов и предприятий.

Сточные воды предприятий и их очистка: характеристика сточных вод, их состав и методы очистки

Современные подходы к решению экологических проблем. Снижение безвозвратных потерь тепловых электрических станций.

Мало- и безотходные технологии как средства защиты окружающей среды.

2.11. Вопросы по энергосбережению в теплоэнергетике и теплотехнологиях в экзаменационных билетах:

Актуальность энергосбережения в России и мире: государственная политика в области повышения эффективности использования энергии.

Основы энергоаудита объектов теплоэнергетики.

Энергобалансы предприятий.

Рациональное энергоиспользование в системах производства и распределения энергоносителей.

Энергосбережение при производстве и распределения энергоносителей.

Классификация вторично-энергетических ресурсов (ВЭР), методы и схемы использования тепловых и горючих ВЭР.

Основные типы утилизационных установок. Конструкции котлов-утилизаторов.

Энергосбережение в системах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, сушильных, выпарных, ректификационных установок.

Энергосбережение и экология.

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

2.12. Вопросы по промышленным теплообменным и теплоиспользующим установкам в экзаменационных билетах:

Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий.

Классификация, устройство и основы расчета сушильных установок. Построение процесса сушки в  $h,d$ -диаграмме влажного воздуха.

Классификация, устройство и основы расчета выпарных аппаратов и установок.

Состав и показатели воздушных компрессорных станций промпредприятий. Выбор типа и количества компрессоров и вспомогательного оборудования.

Компрессоры. Их классификация, принцип работы, показатели, выбор и области использования.

Назначение, структура и классификация систем воздухообеспечения промпредприятий. Методы определения расчетной потребности в сжатом воздухе.

Потребители искусственного холода. Требования к хладоагентам. Расчет потребности предприятия в холоде. Способы производства холода и типы холодильных установок.

Системы водоснабжения промпредприятий (схемы и состав). Качество воды и определение ее потребности на предприятии.

2.13. Время на подготовку устного ответа при сдаче вступительного испытания в Институте – 60 минут.

2.14. При дистанционной форме приема вступительного испытания билет отправляется поступающему в форме электронного образа (документов на бумажном носителе, преобразованных в электронную форму путем цветного сканирования или фотографирования с обеспечением машиночитаемого распознавания его реквизитов) не менее чем за 24 часа до начала экзамена.

2.15. При дистанционной форме приема вступительного испытания поступающий по билету готовит сообщение-ответ с презентацией. Время сообщения-ответа не должно превышать 10 минут.

Требования к оформлению презентации:

1. На слайдах должны быть только тезисы, ключевые фразы и графическая информация (рисунки, графики и т.п.)
2. Все слайды презентации должны быть выдержаны в одном стиле: шрифт (преимущественно) – Times New Roman; размер заголовков – 24-54 пункта; обычный текст – 16 – 22 пункта; форматирование основного текста – по ширине, заголовков – по центру; для смыслового выделения ключевой информации и заголовков используется курсив, подчеркивание, жирный шрифт и прописные буквы.
3. Количество слайдов должно быть не более 8 – 10.
4. Титульный лист презентации должен содержать фамилию, имя, отчество поступающего, номер билета и экзаменационные вопросы.

2.16. Рекомендуемая основная литература для подготовки к вступительным испытаниям по специальности:

1. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. М.: Изд-во МЭИ, 1999. 166с.

2. Андриющенко А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1985. 319 с.
3. Богуславский Л.Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие. М.: Стройиздат, 1990. 620 с.
4. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию / под ред. Н.К. Громова и Е.П. Щубина. М.: Энергоатомиздат, 1988. 376 с.
5. Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС: учебник для энерг. и энергостроит. техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.
6. Жуковский С.В. Термодинамика / под ред. Гухмана А.А. М.: Энергоатомиздат, 1983. 304 с.
7. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей. М.: Стройиздат, 1989. 268 с.
8. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика: учеб. для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1983. 416 с.
9. Костюк А.Г., Фролов В.В. и др. Турбины тепловых и атомных электрических станций: учеб. для вузов / под ред. А.Г. Костюка. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 488 с.
10. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. 592 с.
11. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. М.: Энергия, 1972. 320 с.
12. Лебедев П.Д., Щукин А.А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий: учеб. пособие для энергетических вузов и факультетов. М.: Энергия, 1970. 408 с.
13. Либерман Н.Б., Нянкoвская М.Т. Справочник по проектированию котельных установок систем централизованного теплоснабжения. М.: Энергия, 1979. 224 с.
14. Манюк В.И., Каплинский Я.И. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Справочник. М.: Стройиздат, 1988. 432 с.
15. Повышение экологической безопасности ТЭС: Учеб. пособие для вузов / под ред. А.С. Седловой. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 378с.
16. Промышленные тепломассообменные процессы и установки: учебник для вузов / под ред. А.М. Бакластова. М.: Энергоатомиздат, 1986. 328 с.
17. Промышленная энергетика и теплотехника: Справочник / под ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М.: Энергоатомиздат, 1983. 552 с.
18. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1984. 80 с.
19. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1984. 80 с.
20. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1987. 288 с.
21. Рихтер Л.А., Волков Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭС: учеб. для вузов. М.: Энергоиздат, 1981. 296 с.
22. Рихтер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин В.М. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1987. 216 с.



23. Рихтер Л. А. Тепловые электрические станции и защита атмосферы. М.: Энергия, 1975. 312 с.
  24. Роддатис К.Ф., Полтарейкин А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. М.: Энергоатомиздат, 1989. 488 с.
  25. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: учеб. для вузов / В.Я. Рыжкин. М.: Энергия, 1976. 448 с.
  26. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Парогенераторы промышленных предприятий: учеб. для студентов вузов. М.: Энергия, 1978. 336 с.
  27. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учеб. для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 1999. 471 с.
  28. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: Справочное пособие / под ред. В.А. Мелентьева. Л.: Энергоатомиздат, 1985. 288 с.
  29. Справочник по пыле- и золоулавливанию / под ред. А. А. Русанова. М.: Энергоатомиздат, 1983. 312 с.
  30. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций / под ред. Леонкова А.М., Яковлева Б.В. Минск: Беларусь, 1974 . 368 с.
  31. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник / под ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М.: Энергоиздат, 1982. 624 с.
  32. Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2002. 640 с.
  33. Хзмалян Д.М., Каган Я.А. Теория горения и топочные устройства. М.: Энергия, 1976. 487 с.
- 2.17. Рекомендуемая дополнительная литература для подготовки к вступительным испытаниям по специальности:
1. Бакластов А.М. Проектирование монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. М.: Энергия, 1970. 567 с.
  2. Белевицкий А.М. Проектирование газоочистительных сооружений. Л.: Химия, 1990. 288 с.
  3. Виленский Т.В. Расчет систем золоулавливания и шлакозолоудаления. М.-Л.: Энергия, 1964. 196 с.
  4. Внуков А.К. Защита атмосферы от выбросов энергообъектов: Справочник. М.: Энергоиздат, 1992. 176 с.
  5. Горшков А.С. Техничко-экономические показатели тепловых электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1984. 240 с.
  6. Громогласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П. Водоподготовка: процессы и аппараты: учеб.пособие для вузов / под ред. О.И. Мартыновой. М.: Энергоатомиздат, 1990. 272 с.
  7. Деринг И.С., Михайленко С.А. Котельные установки и парогенераторы. Паровые котлы и котельные установки: учеб. пособие. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. 319 с.
  8. Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций. М.: Энергоиздат, 1982. 264 с.
  9. Казаринов С.И. Обеспечение экономичности работы паровых котлов ТЭС: учеб. пособие. М.: ВИКПэнрго, 1989. 39 с.

10. Кондрашова Н.Г., Лашутина Н.Г. Холодильно-компрессорные машины и установки: Учебник. М.: Высш. школа, 1984. 335 с.
11. Мартынова О.И. Водоподготовка. М.: Энергоатомиздат, 1990. 212 с.
12. Несенчук А.П. Огнетехнические установки и топливоснабжение: учеб. пособие для вузов. Минск: Вышэйша школа, 1982. 318 с.
13. Основы практической теории горения: учеб. пособие / под ред. В.В.Померанцева. Л.: Энергия, 1973. 264 с.
14. Равич М.Б. Топливо и эффективность его использования. М.: Наука, 1971. 358 с.
15. Системы производства и распределения энергоносителей промышленных предприятий / под ред. А.А.Несенчука. М.: Высш. школа, 1989. 279 с.
16. СНиП 41-02-2003 (с 01.09.2003 взамен СНиП 2.04-86). Тепловые сети. М.: Госстрой России, 2003. 42 с.
17. СНиП II-35-76 (с изм. 1978, №1 1998). Котельные установки. М.: Госстрой России, 1998. 54 с.
18. СНиП II-58-75 (с изм. 1978, 1979, 1984). Электростанции тепловые. М.: Госстрой СССР, 1985. 26 с.
19. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. М.: Энергоиздат, 1981. 320 с.
20. Сушильные аппараты и установки: Каталог-справочник. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1975. 64 с.
21. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод /под ред. Н.В. Кузнецова. М.: Энергия, 1973. 296 с.
22. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). СПб: НПО ЦКТИ, 1998. 256 с.
23. Шкроб М.С. Водоподготовка: учебник для вузов. – М.: Энергия, 1973. – 416 с.

### **3. Критерии оценивания**

3.1. Каждый вопрос вступительного испытания по специальности оценивается по пятибальной шкале.

3.2. Критерии оценки устного ответа:

Отлично – знания поступающего отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные:

поступающий свободно владеет научными понятиями;

поступающий способен к интеграции знаний по определенной теме, структурированию ответа, к анализу положений существующих теорий, научных школ, направлений по вопросу билета;

логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете;

сообщение-ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью поступающего;

ответ иллюстрируется примерами, в том числе из собственной практики;

поступающий демонстрирует умение вести диалог и вступать в научную дискуссию.

Хорошо – знания имеют достаточный содержательный уровень, однако отличаются слабой структурированностью; раскрыто содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы:

в ответе имеют место несущественные фактические ошибки, которые поступающий способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу;

недостаточно раскрыта проблема по вопросу билета;

недостаточно логично построено изложение вопроса;

ответ прозвучал недостаточно уверенно;

поступающий не смог показать способность к интеграции и адаптации знаний или теории и практики.

Удовлетворительно – знания имеют фрагментарный характер, отличаются поверхностностью и малой содержательностью содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета:

программные материал в основном излагается, но допущены фактические ошибки;

ответ носит репродуктивный характер;

поступающий не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты;

нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала;

у поступающего отсутствуют представления о межпредметных связях.

Неудовлетворительно – обнаружено незнание или непонимание поступающим сущностной части вопроса:

допускаются существенные фактические ошибки, которые поступающий не может исправить самостоятельно;

на большую часть вопроса студент затрудняется дать ответ или не дает верных ответов.